

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 05-347452

(43)Date of publication of application : 27.12.1993

(51)Int.Cl.

H01S 3/133

H01S 3/137

H01S 3/18

(21)Application number : 04-155331

(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP  
<NTT>

(22)Date of filing : 15.06.1992

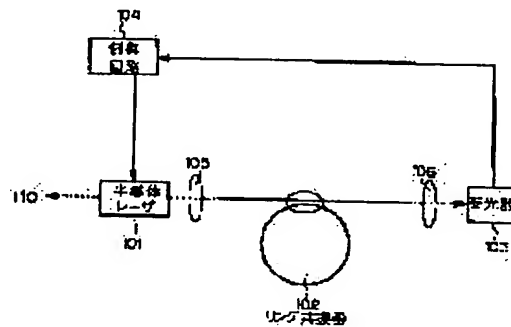
(72)Inventor : SAKAI YOSHIHISA  
KOMINATO TOSHIMI

## (54) DEVICE AND METHOD OF STABILIZING LASER FREQUENCY

## (57)Abstract:

PURPOSE: To realize a frequency drawing range extending over a wide range, and to conduct operation in an extremely high stable manner after stabilization.

CONSTITUTION: The coupling ratio of a ring resonator 102 is adjusted, a resonance peak is extended, and the frequency pull-in range of a laser stabilizing a laser frequency stabilizer is enlarged. The outgoing light of a semiconductor laser 101 is passed through a ring resonator 102, and the transmitted light of the ring resonator 102 is received by a photodetector 103, and converted in a photoelectric manner. The semiconductor laser 101 is controlled by a control circuit 104 in response to a photoelectric-converted electric signal so that the frequency of the outgoing light of the semiconductor laser 101 is conformed to the center frequency of the resonance peak of the ring resonator 102, and the oscillation frequency of the laser is pulled in to the resonance peak of the ring resonator 102, and stabilized to the center frequency of the resonance peak. Lastly, the coupling ratio of the ring resonator 102 is adjusted, the resonance peak is narrowed, and the stability of the frequency of a laser output 110 is improved.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 19.02.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3109622

[Date of registration] 14.09.2000

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁(J P)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-347452

(43)公開日 平成5年(1993)12月27日

(51)Int.Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 S	3/133			
	3/137	8934-4M		
	3/18			

審査請求 未請求 請求項の数 2(全 7 頁)

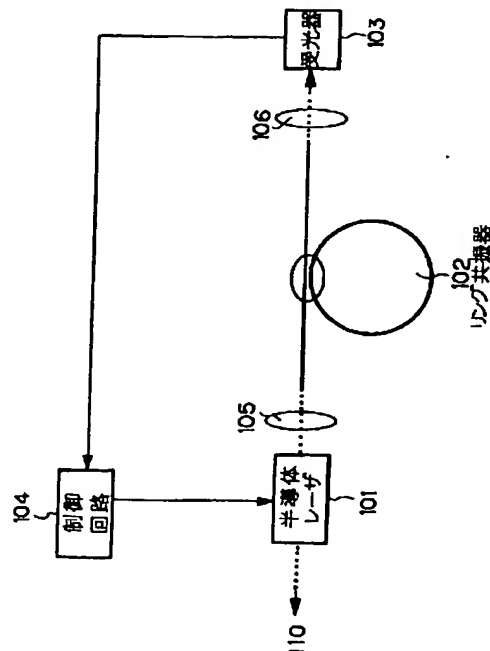
(21)出願番号	特願平4-155331	(71)出願人	000004226 日本電信電話株式会社 東京都千代田区内幸町一丁目1番6号
(22)出願日	平成4年(1992)6月15日	(72)発明者	界 義久 東京都千代田区内幸町一丁目1番6号 日 本電信電話株式会社内
		(72)発明者	小湊 俊海 東京都千代田区内幸町一丁目1番6号 日 本電信電話株式会社内
		(74)代理人	弁理士 若林 忠

(54)【発明の名称】 レーザ周波数安定化装置およびレーザ周波数安定化方法

(57)【要約】

【目的】 レーザ周波数安定化装置において、広範囲の周波数引き込み範囲を実現し、かつ安定後、極めて高安定に動作するようにする。

【構成】 リング共振器102の結合比を調整し、共振ピークを広くし、レーザ周波数安定化装置を安定化するレーザの周波数引き込み範囲を広くする。半導体レーザ101の出射光をリング共振器102に透過させ、リング共振器102の透過光を受光器103で受光し、光電変換する。半導体レーザ101の出射光の周波数がリング共振器102の共振ピークの中心周波数に一致するように、半導体レーザ101を光電変換された電気信号に応じて制御回路104によって制御し、レーザの発振周波数をリング共振器102の共振ピークに引き込み、共振ピークの中心周波数に安定化する。最後に、リング共振器102の結合比を調整し、共振ピークを狭くし、レーザ出力110の周波数の安定性を向上させる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 レーザ光源と、光結合器とリング形状導波路からなり、所定の周波数の光を吸収または透過させるリング共振器と、該リング共振器を透過した、前記レーザ光源の出射光を電気信号に変換する受光器と、前記レーザ光源の出射光の周波数が前記リング共振器の所定の共振ピーク周波数に一致するように、該電気信号に応じて前記レーザ光源を制御する制御回路を備えたレーザ周波数安定化装置において、前記リング共振器の光結合器の結合比が可変になっていることを特徴とするレーザ周波数安定化装置。

【請求項2】 請求項1に記載のレーザ周波数安定化装置を用い、レーザの発振周波数を安定化するレーザ周波数安定化方法であって、

前記リング共振器の結合比を調整し、共振ピークを広くし、安定化するレーザの周波数引き込み範囲を広くするステップと、

レーザの発振周波数を前記リング共振器の共振ピークに引き込み、該共振ピークの中心周波数に安定化するステップと、

前記リング共振器の結合比を調整し、共振ピークを狭くし、レーザ出力の周波数の安定性を向上させるステップとを含むレーザ周波数安定化方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、例えば大容量の周波数分割多重光通信における送信源として用いられるレーザの周波数安定化装置および周波数安定化方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】従来のレーザ周波数安定化装置は、図8に示すように、半導体レーザ101と、リング共振器107と、受光器103と、制御回路104と、レンズ105、106で構成されている。

【0003】半導体レーザ101からの出射光はレンズ105を経て、所定の周波数の光を吸収または透過させるリング共振器107を透過し、レンズ106を経て受光器103で受光され、光電変換される。制御回路104は、半導体レーザ101の出射光の周波数が光リング共振器107の共振ピークの1つの周波数に一致するように、受光器103で光電変換された電気信号に応じて半導体レーザ101を制御する。

【0004】ここで、半導体レーザ101の発振周波数の温度依存性は約 $-10\text{GHz}/^{\circ}\text{C}$ であるから $\pm 0.01^{\circ}\text{C}$ 以下に温度が安定化したとしても $\pm 100\text{MHz}$ 以下の周波数ゆらぎが存在する。したがって、共振周波数 $2.5\text{GHz}$ のリング共振器を用いたとして共振ピークの線幅は $200\text{MHz}$ 程度必要であり、フィネス（共振周波数間隔／共振ピークの線幅）は12.5となる。これで、周波数引き込み範囲は $200\text{MHz}$ であり、レーザの安定性は、線幅の $1/100$ の $\pm 1\text{MHz}$ 程度が達

成されている。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述した従来のレーザ周波数安定化装置では、レーザの引き込み範囲は $200\text{MHz}$ であり、 $\pm 0.01^{\circ}\text{C}$ という高精度の温度安定化が絶対的に必要であり、その光周波数の絶対値も光周波数計などによって $\pm 100\text{MHz}$ 程度まで事前に測定する必要がある、また、その安定性は、共振ピークの線幅の $1/100$ 程度に制限されてしまうという問題点があった。

【0006】本発明は、このような問題点を解決するためになされたもので、その目的は、より広範囲の周波数引き込みを実現し、かつ、安定後は、極めて高安定に動作する実用的なレーザ周波数安定化装置およびレーザ周波数安定化方法を提供することである。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】本発明のレーザ周波数安定化装置は、リング共振器の結合比が可変になっている。

【0008】また、本発明のレーザ周波数安定化方法は、前記レーザ周波数安定化装置を用い、リング共振器の結合比を調整し、共振ピークを広くし、安定化するレーザの周波数引き込み範囲を広くするステップと、レーザの発振周波数をリング共振器の共振ピークに引き込み、該共振ピークの中心周波数に安定化するステップと、リング共振器の結合比を調整し、共振ピークを狭くし、レーザ出力の周波数の安定性を向上させるステップとを含む。

## 【0009】

【作用】本発明は、リング共振器の光結合器の結合比を可変することによって、共振ピーク幅を可変できるようにしたもので、これによりこれまでには到達できなかった、広い周波数引き込み範囲を実現でき、しかも高安定なレーザ周波数安定化装置を実現できる。

## 【0010】

【実施例】次に、本発明の実施例について図面を参照して説明する。

【0011】図1は本発明の一実施例のレーザ周波数安定化装置のブロック図である。

【0012】本実施例のレーザ周波数安定化装置は、半導体レーザ101と、光結合比を可変できるリング共振器102と、受光器103と、制御回路104と、レンズ105、106からなる。

【0013】このようなレーザ周波数安定化装置において、まず、リング共振器102の結合比を調整し、共振ピークを広くし、安定化するレーザの周波数引き込み範囲を広くする。半導体レーザ101の出射光をリング共振器102に透過させ、リング共振器102の透過光を受光器103で受光し、半導体レーザ101からの出射光の周波数がリング共振器102の共振ピークの中心周

波数に一致するように、光電変換された電気信号に応じて、半導体レーザ101を制御回路104によって制御し、レーザの発振周波数をリング共振器102の共振ピークに引き込み、共振ピークの中心周波数に安定化する。最後に、リング共振器102の結合比を調整し、共振ピークを狭くし、レーザ出力110の周波数の安定性を向上させる。

【0014】図2はリング共振器102の形状を示す図で、同図(A)は平面図、同図(B)はAA'線に沿った断面を拡大して示す図である。このリング共振器102は、シリコン基板1上に配置され、周長Lの閉ループを構成しているリング形状導波路2と、入力光導波路3aと、出力光導波路3bとから主になる。リング形状導波路2と入力光導波路3a、出力光導波路3bとの光結合器を、破線11および21で囲って示されているマッハツェンダ光干渉計回路によって構成することによって光結合比が可変になっている。

【0015】マッハツェンダ光干渉計回路11では、方向性結合器12aおよび12bが長さが互いにΔしだけ異なる2本の光導波路13aおよび13bにより連結されている。なお、ここで光導波路13aはリング形状導波路2の一部を共用し、光導波路13bは入力光導波路3aの一部を共用している。位相器14aおよび14bとして薄膜ヒータがそれぞれ光導波路13aおよび13bのコア部の上方のクラッド層1a上に配置されている。

【0016】マッハツェンダ光干渉計回路21では、マッハツェンダ光干渉計回路11と同様に、方向性結合器22aおよび22bが長さが互いにΔしだけ異なる2本の光導波路23aおよび23bにより連結されている。なお、ここで光導波路23aはリング形状導波路2の一部を共用し、光導波路23bは出力光導波路3bの一部を共用している。位相器24aおよび24bとして薄膜ヒータがそれぞれ光導波路23aおよび23bのコア部の上方のクラッド層1a上に配置されている。マッハツェンダ光干渉計回路11および21を構成している光導波路の一方(ここでは光導波路13aおよび23a)およびリング形状導波路2の中で光導波路13aと23aと共用していない部分の光導波路2上には、位相器として薄膜ヒータ5、偏波補償器6がそれぞれ配置されている。

【0017】図3は図2のリング共振器102の動作を説明する周波数特性図である。図3(A)から(D)は、位相器である薄膜ヒータ14aおよび24aの消費電力をそれぞれ0.3W、0.5W、0.7Wおよび0.9Wとしたものである。図3(E)は薄膜ヒータ14aおよび24bの消費電力を0.7Wとしたものである。図4は薄膜ヒータ14aおよび24aに同じ電力を消費させたときのフィネスの変化を示すグラフである。図5は、フィネスと共振ピークでの透過率の関係を示し

たものであるが、斜線の範囲が薄膜ヒータ14a、14b、24aおよび24bを変化させて得られることが可能な値である。

【0018】図6は、図2のマッハツェンダ光干渉計回路11と21を1つのマッハツェンダ光干渉計回路11で置き換えた構成となっている。

【0019】次に、本実施例のレーザ周波数安定化装置の動作を図1にしたがって説明する。図1の装置構成において、半導体レーザ1として例えば波長1.55μm帯で発振するInGaAsP系の分布帰還型半導体レーザ(DFB型LD)を用いた。リング共振器102には、図6で示す石英系導波路形リング共振器を用いた。共振ピーク間隔は2.5GHzである。光導波路2、3a、13a、13bなどは、厚さ60μm程度のクラッド層1a内に埋設されており、光導波路2、3a、13a、13bなどのコア部寸法は8μm×8μm程度、コア部・クラッド部の比屈折率差は0.3%程度である。薄膜ヒータ14a、14bおよび5として、ここではCr金属薄膜(幅50μm、厚さ0.3μm)を真空蒸着技術により、長さ約5mmにわたって形成した。さらに、アモルファスシリコン薄膜6(幅200μm、厚さ9μm)をスパッタ技術により、長さ約1.6mmにわたって形成し、垂直偏波(TM偏波)と水平偏波(TE偏波)で共振特性を一致させた。

【0020】まず、リング共振器102のフィネスが2.5になるように薄膜ヒータ14a、14bにより光結合比を調整した後(図7(A))、半導体レーザ101の100KHzの変調光をリング共振器102に入射し、制御回路104で共振ピークの1つからのずれを検出し、半導体レーザ101に帰還した。この場合、レーザの周波数引き込み範囲は±500MHzあり、レーザの温度安定度は±0.05℃で十分である。このときレーザの発振周波数は±5MHz以下に安定化された。安定化帯域は10msである。次に、レーザを安定化したまま、薄膜ヒータ14a、14bでリング共振器102のフィネスが50になるように光結合比を調整すると(共振ピーク幅50MHz)(図7(B))、半導体レーザ101の出力110の周波数安定性は±250KHzにまで向上した。

【0021】なお、図1では半導体レーザ101の周波数の変調に直接変調を用いたが、音響光学変調器、電気光学変調器などの、他の構成の変調器を用いて変調しても同様の効果を得ることができる。また、リング共振器の光結合器の結合比を調整して信号強度を大きくすることもできる。

【0022】以上、本発明を実施例に基づき具体的に説明したが、本発明は、前記実施例に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲において種々変更可能であることは言うまでもない。

【0023】

【発明の効果】以上説明したように、本発明は、下記のような効果がある。

(1) 請求項1の発明は、リング共振器の光結合器の結合比を可変することによって、共振ピーク幅を可変できるようにし、これまでには到達できなかった、広い周波数引き込み範囲を実現でき、また信号強度を大きくすることができる。

(2) 請求項2の発明は、リング共振器の結合比を調整して、レーザ出力の周波数の安定性を向上させることにより、高安定なレーザ周波数安定化装置を実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例のレーザ周波数安定化装置のブロック図である。

【図2】図1中のリング共振器102の構造を説明するための図である。

【図3】リング共振器102の位相器14a、14b、24a、24bの消費電力を変えたときの光周波数特性を示す図である。

【図4】消費電力に対するフィネスの変化を示す図である。

【図5】設定可能なフィネスと共振ピークでの透過率の関係を示す図である。

【図6】リング共振器102の他の例の構造図である。\*

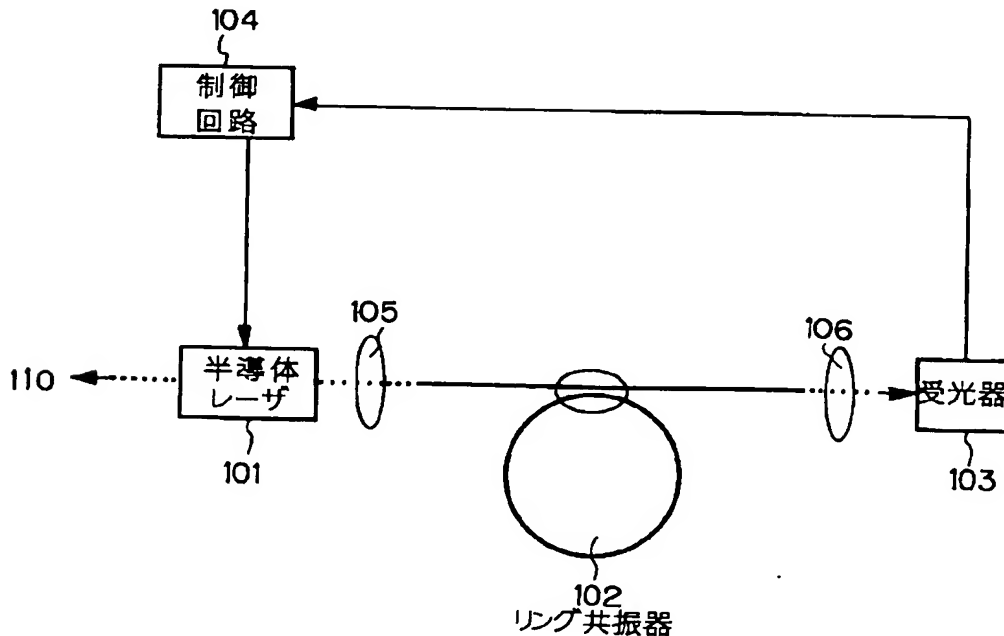
\*【図7】共振ピーク幅を可変したときの光共振特性を示す図である。

【図8】従来のレーザ周波数安定化装置のブロック図である。

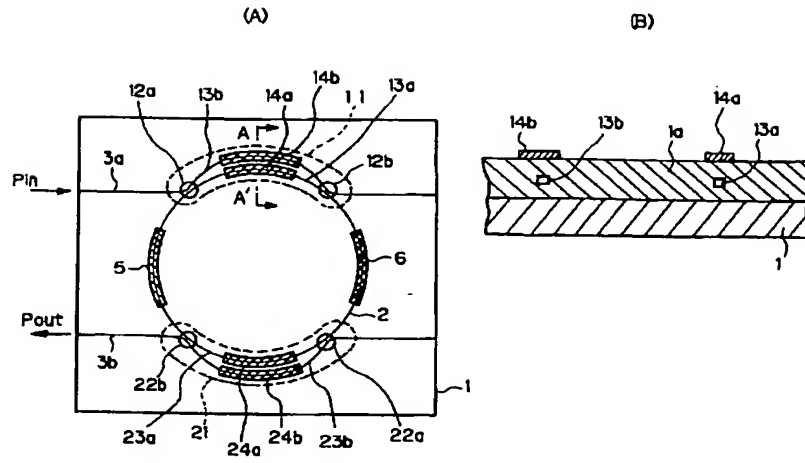
【符号の説明】

- 1 シリコン基板
- 1a クラッド層
- 2 リング形状導波路
- 3a 入力光導波路
- 3b 出力光導波路
- 5 薄膜ヒータ
- 6 偏波補償器
- 11, 21 マッハツェンダ光干渉計回路
- 12a, 12b, 22a, 22b 方向性結合器
- 13a, 13b, 23a, 23b 光導波路
- 14a, 14b, 24a, 24b 位相器
- 101 半導体レーザ
- 102, 107 リング共振器
- 103 受光器
- 104 制御回路
- 105, 106 レンズ
- 110 レーザ出力

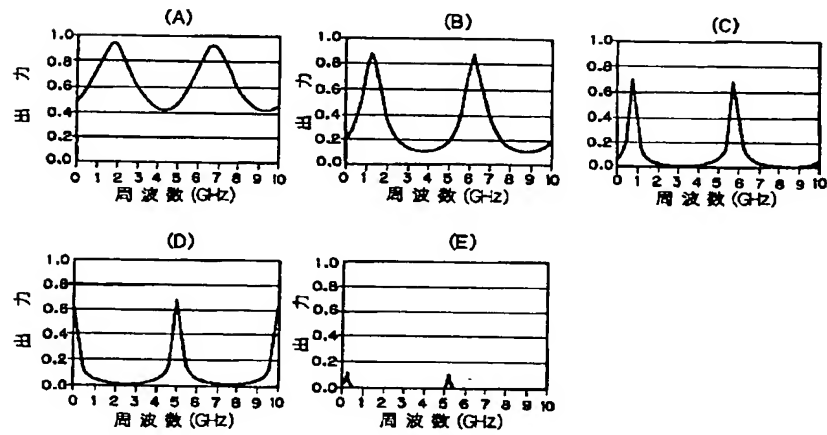
【図1】



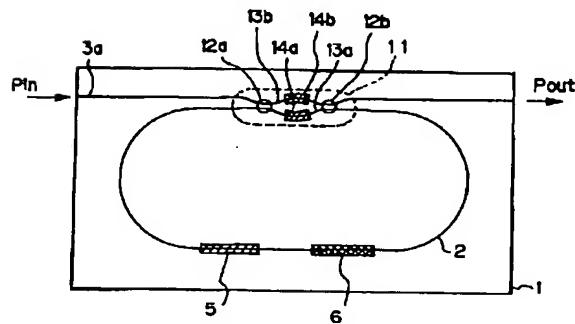
【図2】



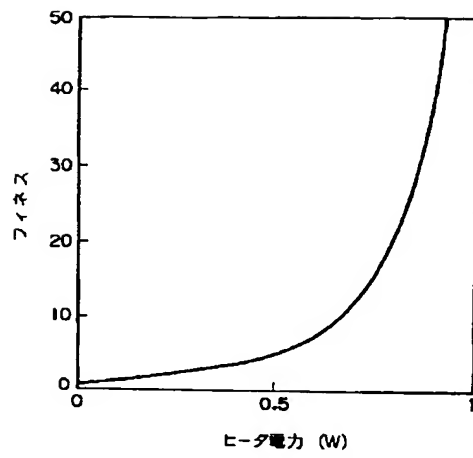
【図3】



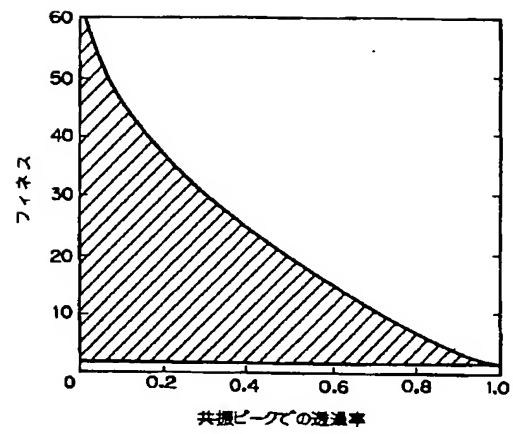
【図6】



【図4】



【図5】

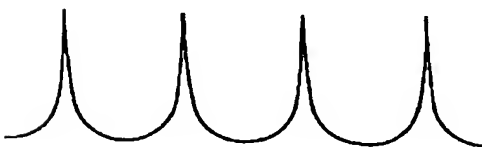


【図7】

(A)



(B)



【図8】

